

回路基板加工機による写真彫刻

小城 淳一* 浅見 博* 須永 修司*

(2013年11月28日受理)

1. はじめに

本校機械工学科の工作実習では、マシニングセンタやレーザ加工機等のNC工作機械の実習をおこなっている。マシニングセンタの実習では、機械の操作や加工データの作成方法について初歩的な学習をしている。実習課題としては簡単な文字やマークの2次元切削加工に取り組んでいる。一方で近年、3Dプリンタや卓上NCフライス盤等により、個人レベルでも3次元加工等の複雑な形状の加工が可能となりつつある。学生からも3次元的な加工をしたいという要望があったが、加工データの作成や加工時間が問題となる。

マシニングセンタの実習では、基礎的な学習として、加工データ(Gコード)を直接打ち込むか、工作機械の対話型プログラムを利用してきた。現在、一般的に加工データはCAMで作成され、本校でも平成23年度にCAMが導入された。しかし、実習時間内にCAMを十分に扱うことは難しく、3次元加工も時間がかかる。そこで体験的にCAMの流れを掴み、短時間で3次元加工のできる課題として、木材への写真彫刻を試みた。本稿では、写真彫刻の条件設定や実習事例について述べる。

2. 写真彫刻

2.1 概要

写真彫刻とは、画像データを元に写實的に彫刻切削するものである。代表的なものは人物画のレリーフ加工(浮彫)で、加工材料は金属や木材が多く使われている。レリーフ加工は一般に細いボールエンドミルを使い、切削ピッチを狭くして加工するため時間がかかる。実習でおこなった写真彫刻は、画像を線で表現し、その線を彫刻カッタで切削した¹⁾。具体例を図-1に示す。これは、まず画像の濃淡データを切削ピッチ間隔の線ごとに平均して抽出し、濃淡データを切削深さに変換する。刃先がV字型の彫刻カッタを用い、濃い部分は深く彫って切削幅が広くなり、淡い部分は浅く彫って切削幅が狭くなる(図-2)。

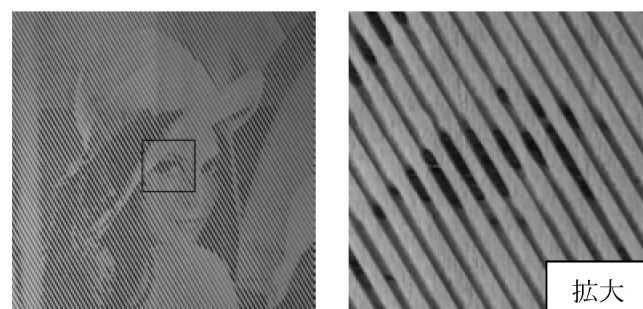


図-1 写真彫刻の加工例

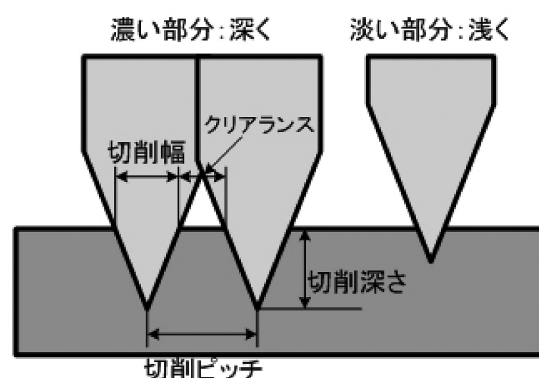


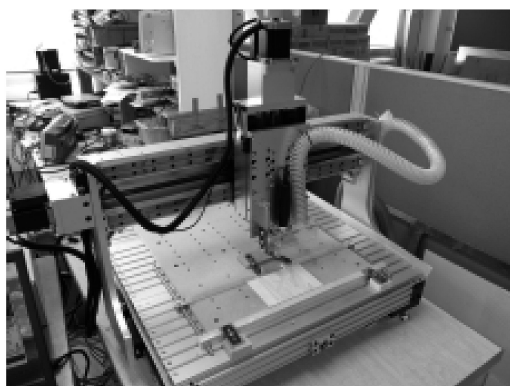
図-2 彫刻カッタによる切削

実習では、学生の用意した画像データをもとに、CAM(MasterCAM)を使い、15~30分程度で加工データを作成した。また、本校のマシニングセンタは木材の加工に適していないことと、従来の課題加工に使用しているため、回路基板加工機により製作した。一人あたりの加工時間は15分程度であった。

2.2 回路基板加工機

回路基板加工機とは、カッタを制御し、電子回路の配線パターンに沿って銅箔基板を削り取るもので、NCフライス盤の一種である。基板だけでなく、木材や樹脂等の軽切削も可能である。また、基板の反りを抑える機構により、木材の反りを抑えながら加工できるため、本写真彫刻に適している。

図－3に製作した回路基板加工機を示す．この加工機は電子メディア工学科の実験教材作成でも活用している．筐体や制御回路などハードウェア部分は設計製作し，ソフトウェアは市販のM a c h 3を利用した．大量の基板加工と将来的に3Dプリンタやレーザ加工機への発展を考えて，通常の基板加工機より広い加工範囲とした．主な仕様を表－1に示す．



図－3 回路基板加工機

表－1 回路基板加工機の仕様

加工範囲	500*620*140 (XYZ) mm
加工精度	ピン間 1 本配線, 0.5mm ピッチ IC 対応
最大送り速度	2000mm/min
カッタ回転数	5000～30000rpm
外形寸法	920*1035*730mm

2. 3 木材の選定

彫刻用に使われている木材（シナ，桂，ヒノキ，サクラなど）でテストすると，彫刻切削が可能であった．一方でバルサやファルカタ材は柔らかすぎてうまくいかなかった．また，木材は反りがあり，5mm程度の薄い板であれば，基板加工機の押さえ機構で修正できる．しかし，9mm程度以上の板の場合は押さえが効かず，木材表面を切削して平坦化する手間がかかる．以上のことから入手性や費用を考慮し，4mm厚のシナ合板と5.5mm厚のMDF板を使用した．

シナ合板はベニヤ板に0.5mm程度のシナ突板が張り付けられている．表面の突板を削ると下地のベニヤが出て，切削した部分と残った部分のコントラストが出る．ただし，残った突板部分が欠けやすいという欠点がある．MDF板は反りや品質のばらつきが少なく安定していて，切削性も良い．ただし，上記のコントラストが出ないため塗装が必要となる．

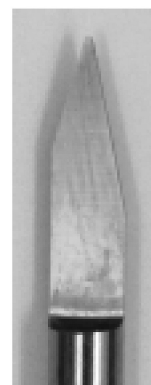
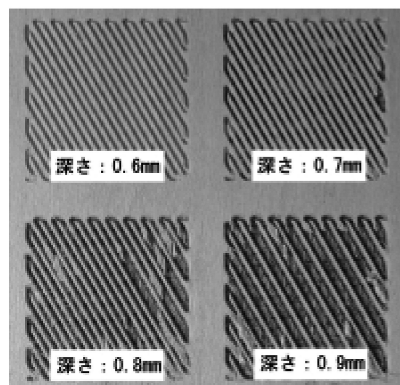
2. 4 切削条件

写真彫刻では図－1に示したように多数の溝切削を

おこなうが，残った部分に欠けが生じないこと，加工したものが何を表しているか識別できることが必要である．そのため切削条件で重要となるのは，切削ピッチと切削深さである．

切削深さを浅くすると切削ピッチを狭くできるため，溝数が増えて解像度が上がる．しかし，切削部分と残った部分のコントラスト差が少なくなる．一方切削深さを深くすると，これらのコントラストは上がるが，溝数が少なくなり解像度が下がる．

まず，切削ピッチごとに切削深さを変えて，欠けが生じない条件を見出した．この条件をもとに，彫刻加工をおこない，実物を評価した．図－4に切削テストパターン（切削ピッチ1.0mm）を示す．深さ0.6mmでは安定的にきれいに切削できている．0.7mmでは欠けは生じていないが，残った部分の幅（クリアランス）が狭い．0.8mmでは一部欠けが生じ，0.9mmでは大部分が欠けてしまっている．これらから，0.6mm以下を切削条件とした．同様に切削ピッチごとの切削深さを調べると表－2のようになった．なお，使用した彫刻カッタは刃先角30度，先端フラット部分0.3mmである（図－5）．また，切削パターンは木目に対して30度とした．これは，木目に対して角度を大きくするとバリがでること，角度が0度や90度するときより溝数を多く取れること，実物を見たときに識別しやすいことが理由である．その他の条件として，カッタの回転数は24000rpm，送り速度は1000mm/minとした．



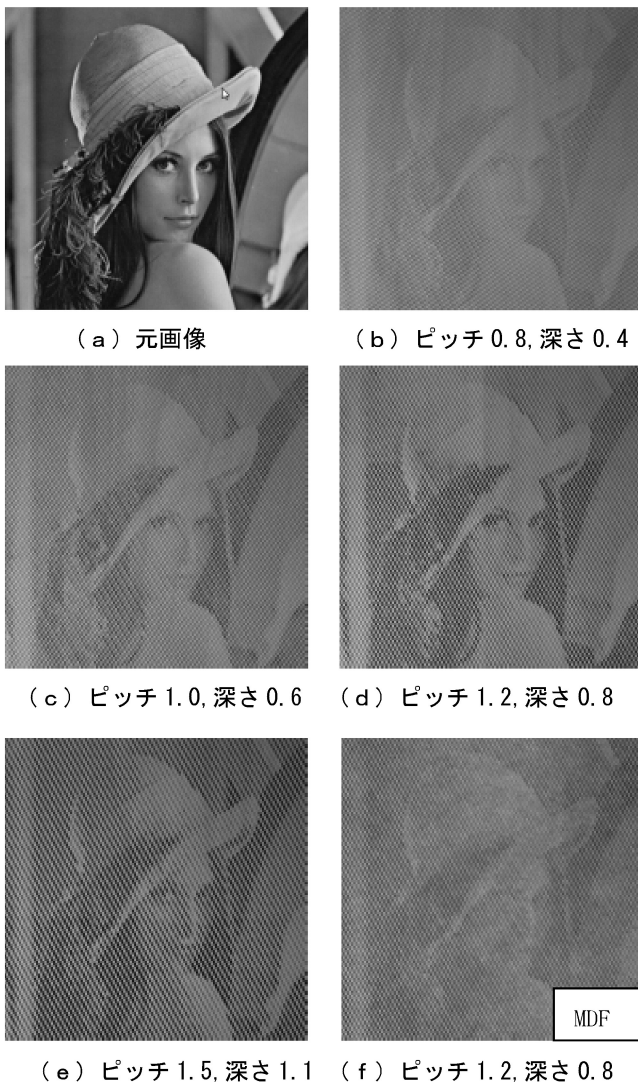
図－4 テストパターン 図－5 彫刻カッタ

表－2 切削ピッチに対する許容最大切削深さ

切削ピッチ [mm]	最大切削深さ [mm]	最大切削深さ [mm]
	シナ合板	MDF
0.8	0.4	0.5
1.0	0.6	0.7
1.2	0.8	1.0
1.5	1.1	1.3

2. 5 実加工

表－2の切削条件をもとに彫刻加工をおこなった結果を図－6に示す。木材は（f）のみMDF板でそれ以外はシナ合板である。加工範囲は100mm*100mmで切削時間は約8分であった。図－6を見ると、（b）ではコントラストが低く、（e）では溝数が少なく荒いため識別しづらい。（c）、（d）が比較的識別しやすい結果となった。（f）は（d）と同じ条件であるが、MDF板ではコントラストが低く識別しづらい。なお、この結果は元の画像や加工面積の影響を受ける。元の画像が集合写真のようであれば識別不能であるし、加工面積を大きくすれば、切削ピッチが広くても溝数を多く取れるので識別可能となる。



図－6 各切削条件による加工

3. 実習での取り組み

3. 1 加工データの作成

写真彫刻の加工データは、MastercamのArt機能²⁾を使って作成した。一般にCAMは、工作機械付属の対話型プログラムに比べて設定項目が多く、それらを理解するのに時間もかかる。また、CADを学習していない段階で本実習を行う学生は7割いる。そのため、データの作成は以下のような流れですすめ、体験的にCAMを使うこととした。

- 1) 画像の取り込み－XYZの範囲指定（Z：切削深さ）
- 2) 切削条件の設定－切削方法，切削ピッチの設定
- 3) 加工シミュレーション結果の表示
- 4) Gコード出力

学生が設定変更するのは、切削条件（切削ピッチ，切削深さ）のみとし，シミュレーション結果を見ながらこれらを設定した。データの作成に要した時間は，説明を含めて30分程度であり，加工時間は15分程度であった。学生の製作例を図－7（a）に示す（加工範囲150*100mm）。



(a) 塗装前 (b) 塗装後

図－7 学生の製作例

3. 2 画像データ

写真彫刻では適した画像とそうでないものがある。写真のような解像度が得られないため，細かい部分は表現できない。また，コントラストも得られないため，濃淡の差が少ない部分は識別できない。集合写真や風景，建物は失敗することが多かった。顔のアップやイラストは比較的識別しやすい仕上がりととなった。学生へは，対象が大きく，はっきりと識別できる画像と指示したが，学生の好みもあり，うまくいかない例も少しあった。

学生が用意した画像は，主に有名人，アニメ，乗り物である。多くはインターネット上からダウンロードしてきたものである。これらは授業で使う分には著作権上の問題はない³⁾。しかし，製作したものをインターネット上で公開したり，売買したりすると問題となることがある。これについては学生へ注意しているが，今後は自分で撮影したもの等に限定するのがよいかもしれない。

3. 3 塗装

学生が用意する画像には、対象が小さい、濃淡の差が少なく境界のはっきりしないものがあつた。このような場合、切削ピッチを狭くして解像度を上げるが、図-6で見たようにコントラストが悪くなる。また、シナ合板のように突板が張られていない木材（MD F板や単板）では、切削した部分と残った部分の識別がしづらい。これらを改善するために塗装を施す。通常は、木材より濃い色で塗装し、ペーパーやすりを当てて、切削部分のみ着色する。しかし、やすりを当てて表面の塗装を除去する工程は手間がかかり、欠けが生じたりする恐れがある。そこで、やすりを当てずに塗装のみでコントラストが上がる塗料を何種類か試した。この結果、油性ニスの艶消しクリアが最も良好で、見栄えもよくなった。塗装した例を図-7（b）に示す。

4. おわりに

NC工作機械の特徴である手動では困難な加工例として、短時間でできる写真彫刻を実習で取り入れた。従来

の学習内容に加えての課題であつたため、時間はあまり取れなかったが、学生の評判は良かった。また、学校見学会での展示でも好評を得られた。

今年度より3軸マシニングセンタから5軸マシニングセンタで実習を行うことになった。本校では新たなNC工作機械の導入も予定されており、CAMを利用する機会も増える。本課題がCAM導入教育の一助となることを期待する。

写真彫刻で使用した回路基板加工機は、技術職員支援業務促進経費と電子メディア工学科学生経費により製作した。関係者に感謝する。

5. 参考文献

- 1) Vectric : V溝の加工方法
<http://www.vectric.com/products/pvc/features/vgroove.html>
- 2) 株式会社ジェービーエム : MastercamX ART チュートリアル (2006)
- 3) 文化庁 : 学校における教育活動と著作権

Photo Engraving Using a Printed Circuit Board Manufacturing Machine

Jun-ichi KOJOH, Hiroshi ASAMI and Shuji SUNAGA

We introduced photo engraving on wood to NC machine training for students. The engraving has many V grooves changed cutting depth according to light and shade of a photograph. Even for students can easily generate the NC code using CAM. Also the machining time is short (about fifteen minutes). We used a printed circuit board manufacturing machine for the engraving because of a suppressing warping mechanism and a high speed spindle. We engraved some kinds of wood and found the cutting conditions. Students set the conditions and simulated the engraving using CAM. They engraved famous people, anime, vehicle, etc. And then, they had a big interest in their engravings.